



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000165664 A

(43) Date of publication of application: 16.06.00

(51) Int. Cl.

H04N 1/393
G06T 3/40

(21) Application number: 10340626

(22) Date of filing: 30.11.98

(71) Applicant: SONY CORP TAKAYA HITOSHI

(72) Inventor: FUKUHARA TAKAHIRO
KIMURA SEIJI
TAKAYA HITOSHI

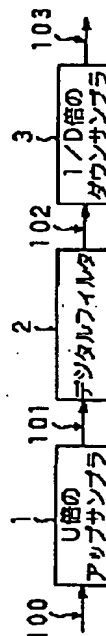
(54) RESOLUTION CONVERTER FOR IMAGE AND
RESOLUTION CONVERTING METHOD FOR
IMAGE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize magnification/reduction of an image being a multiple of an optional rational number with high image quality in a small processing time.

SOLUTION: A multiple U up-sampler 1 applies up-sampling to a received image 100 and the processed image is fed to a digital filter 2. The digital filter 2 has a filter characteristic so as not to cause distortion for the up-sampling of a multiple U and down-sampling of a multiple of 1/D at the post-stage so as to conduct a filter arithmetic operation while excluding the redundancy. An output 102 from the digital filter 2 is fed to the down-sampler 3, where the image is down-sampled to a multiple of 1/D.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-165664

(P2000-165664A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト (参考)
H 0 4 N 1/393		H 0 4 N 1/393	5 B 0 5 7
G 0 6 T 3/40		G 0 6 F 15/66	3 5 5 F 5 C 0 7 6

審査請求 有 請求項の数10 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-340626

(22) 出願日 平成10年11月30日 (1998.11.30)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成10年6月1日
発行の「Interface 1998年6月号」に発表

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(71) 出願人 598000806

貴家 仁志

東京都八王子市南大沢5-9-3-307

(72) 発明者 福原 隆浩

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

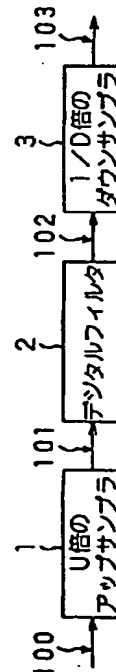
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像の解像度変換装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 任意有理数倍の画像拡大・縮小を、高画質かつ少ない処理時間で実現することができる。

【解決手段】 入力画像100をU倍のアップサンプラ1でU倍にアップサンプリングし、デジタルフィルタ2に送る。デジタルフィルタ2では、U倍のアップサンプリングと後段の1/D倍のダウンサンプリングとで歪が生じないようにフィルタ特性を有し、冗長性を排除したフィルタ演算が行われる。デジタルフィルタ2からの出力102はダウンサンプラ3に送られて1/D倍にダウンサンプリングされる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力画像を U 倍 (U は整数) にアップサンプルするアップサンプル手段と、アップサンプルされた画像をフィルタリングするフィルタ手段と、

フィルタリング後の画像を D 分の 1 ($= 1/D$, D は整数) にダウンサンプルするダウンサンプル手段とを備え、

上記入力画像に対して U/D 倍の解像度変換を行うことを特徴とする画像の解像度変換装置。

【請求項 2】 上記フィルタ手段は、アップサンプルの倍率 U とダウンサンプルの倍率 D とによって、その伝達関数が決定されることを特徴とする請求項 1 記載の画像の解像度変換装置。

【請求項 3】 上記フィルタ手段は、アップサンプル時のイメージング防止用のフィルタの伝達関数 $H_u(z)$ とダウンサンプル時のエリアシング防止用のフィルタの伝達関数 $H_D(z)$ とを合成して得られる合成伝達関数 $H_{UD}(z)$ の特性を有することを特徴とする請求項 1 記載の画像の解像度変換装置。

【請求項 4】 上記アップサンプルの倍率 U の値が上記ダウンサンプルの倍率 D の値よりも大きい場合は、上記フィルタ手段は、零次ホールド手段とダウンサンプル手段とを用いて構成されることを特徴とする請求項 1 記載の画像の解像度変換装置。

【請求項 5】 上記ダウンサンプルの倍率 D の値が上記アップサンプルの倍率 U の値よりも大きい場合は、上記フィルタ手段は、零次ホールド手段と平均操作手段とを用いて構成されることを特徴とする請求項 1 記載の画像の解像度変換装置。

【請求項 6】 入力画像を U 倍 (U は整数) にアップサンプルするアップサンプル工程と、アップサンプルされた画像をフィルタリングするフィルタリング工程と、

フィルタリング後の画像を D 分の 1 ($= 1/D$, D は整数) にダウンサンプルするダウンサンプル工程とを備え、

上記入力画像に対して U/D 倍の解像度変換を行うことを特徴とする画像の解像度変換方法。

【請求項 7】 上記フィルタリング工程は、アップサン

ブルの倍率 U とダウンサンプルの倍率 D とによって、その伝達関数が決定されることを特徴とする請求項 6 記載の画像の解像度変換方法。

【請求項 8】 上記フィルタリング工程は、アップサンプル時のイメージング防止用のフィルタの伝達関数 $H_u(z)$ とダウンサンプル時のエリアシング防止用のフィルタの伝達関数 $H_D(z)$ とを合成して得られる合成伝達関数 $H_{UD}(z)$ の特性を有することを特徴とする請求項 6 記載の画像の解像度変換方法。

【請求項 9】 上記アップサンプルの倍率 U の値が上記

2

ダウンサンプルの倍率 D の値よりも大きい場合は、上記フィルタリング工程は、零次ホールド法とダウンサンプル法とを用いて実行されることを特徴とする請求項 6 記載の画像の解像度変換方法。

【請求項 10】 上記ダウンサンプルの倍率 D の値が上記アップサンプルの倍率 U の値よりも大きい場合は、上記フィルタリング工程は、零次ホールド法と平均操作法とを用いて実行されることを特徴とする請求項 6 記載の画像の解像度変換方法。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、画像を任意有理数倍率で拡大・縮小するような画像の解像度変換装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 電子スチルカメラやプリンタ等で多用するサムネイル画像やデジタル画像のズームの機能を実現する場合、画像の解像度変換が必要とされる。

【0003】 従来より用いられてきた技術によれば、単純な整数倍の拡大または整数分の 1 の縮小については比較的容易に実現することができるが、任意有理数倍の解像度変換については複雑な処理が必要とされるものが多い。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 すなわち、従来の技術において、前述の様に単純な整数倍の拡大、または整数分の 1 の縮小を行うのみでは、例えば原画像の解像度が大きくなると整数分の 1 のサイズ間の差 (例えば $1/2$ と $1/3$ の差) が大きくなるので、滑らかなズームが出来なくなる。拡大の場合も同様である。

【0005】 また、任意有理数倍の解像度変換が行えても、倍率によっては歪みが目立ったり、非常に多くの処理時間を要したりする問題点が残されていた。

【0006】 本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであって、任意有理数の拡大・縮小が、高画質且つ容易に、すなわち少ない処理時間で実現し得るような画像の解像度変換装置及び方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決するために、本発明に係る画像の解像度変換方法及び装置は、入力画像を U 倍 (U は整数) にアップサンプルし、アップサンプルされた画像をフィルタリングし、フィルタリング後の画像を D 分の 1 (D は整数) にダウンサンプルすることにより、入力画像に対して U/D 倍の拡大・縮小を伴う解像度変換を行うこと特徴としている。

【0008】 ここで、上記フィルタリングには、歪みが生じないように解像度変換倍率に応じて伝達関数を変えるデジタルフィルタ手段が用いられる。このデジタルフィルタ手段の伝達関数は、アップサンプルの倍率 U とダ

50

3

ウンサンプルの倍率Dとによって決定されることが好ましく、より具体的には、アップサンプル時のイメージング防止用のフィルタの伝達関数 $H_u(z)$ とダウンサンプル時のエリアシング防止用のフィルタの伝達関数 $H_D(z)$ とを合成して得られる合成伝達関数 $H_{UD}(z)$ ($=H_u(z)H_D(z)$) とすることが好ましい。

【0009】また、上記アップサンプルの倍率Uの値が上記ダウンサンプルの倍率Dの値よりも大きい場合は、上記フィルタリングは、零次ホールド法とダウンサンプル法とを用いて処理が行われることが好ましく、上記ダウンサンプルの倍率Dの値が上記アップサンプルの倍率Uの値よりも大きい場合は、上記フィルタリングは、零次ホールド法と平均操作法とを用いて処理が行われることが好ましい。

【0010】この任意有理数倍の解像度変換において、アップサンプリングは、画像の解像度を、例えば零次ホールド手段によって上げる作用がある。ダウンサンプリングは、画像の解像度を、例えば間引き処理または複数画素の平均値算出処理により算出する作用がある。デジタルフィルタ手段は、拡大倍率Uと縮小倍率 $1/D$ の各値に応じて、伝達関数を設定し、画素単位にフィルタ係数を乗算して畳み込み演算を行う作用がある。

【0011】また、上記デジタルフィルタ手段は、アップサンプリングまたはダウンサンプリングによってイメージングやエリアシングが発生しないように、帯域制限を行う作用がある。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る画像の解像度変換装置及び方法の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0013】本発明に係る画像の解像度変換装置の第1の実施の形態を図1に示す。この図1に示す本発明の第1の実施の形態としての画像の解像度変換装置は、入力画像100をU倍 (Uは整数) にアップサンプルするU倍のアップサンプラ1と、アップサンプルされた画像101をフィルタリングするデジタルフィルタ2と、フィルタリング後の画像102をD分の1 (Dは整数) にダウンサンプルする $1/D$ 倍のダウンサンプラ3とを有して構成されている。この図1の構成により、入力画像100は U/D 倍に解像度変換されて、出力画像103として取り出される。

【0014】デジタルフィルタ2の伝達関数は、アップサンプルの倍率Uとダウンサンプルの倍率Dとによって決定されることが好ましい。また、U倍のアップサンプリングにより新たに生じるスペクトル成分であるイメージング成分を除去するためのフィルタの伝達関数を $H_u(z)$ 、 $1/D$ 倍のダウンサンプリングによる折り返し歪を除去するためのアンチエリアシングフィルタの伝達関数を $H_D(z)$ とするとき、デジタルフィルタ2の伝達関数 $H_{UD}(z)$ は、

4

$$H_{UD}(z) = H_u(z)H_D(z)$$

とし、冗長性を排除したものとすることがより好ましい。

【0015】また、Uの値がDの値よりも大きい場合には、デジタルフィルタ2としては、零次ホールド回路とダウンサンプル回路とを用いることが好ましく、Dの値がUの値よりも大きい場合には、デジタルフィルタ2としては、零次ホールド回路と平均操作回路とを用いることが好ましい。

【0016】ここで、本発明の各実施の形態に用いられる基本技術となる4つの手法について説明する。具体的には、画像拡大のための零次ホールド法、直線補間法、画像縮小のためのダウンサンプル法、平均操作法の4つの手法である。

【0017】まず1番目の手法として、零次ホールド法は、最も単純な手法として知られており、一次元の画素列で考えた場合、N倍の拡大は画素の近隣に $N-1$ 個の同値の画素を補間する処理に相当する。この零次ホールド法は、処理が単純である反面、拡大率が大きい場合にはブロック状に不連続な画質になるという問題がある。

【0018】図2は、零次ホールド法による画像の3倍拡大の具体例を示したものである。この図2の(A)には、原画像の一部、例えば縦横 3×3 画素の部分が示されており、3倍の拡大 (面積比では9倍の拡大) の場合には、1画素に対して同値の画素を縦横 3×3 個配置することで、原画像の 3×3 の部分に対して、図2の

(B)に示すように、拡大画像の対応部分が 9×9 個の画素で構成される。この拡大画像の 9×9 個の画素の部分の横一行分の部分Lを取り出し、縦軸に画素値をとって図2の(C)に示す。この図2の(C)の破線の○印が零次ホールドにより補間された画素を示しており、原画像の各画素 (図中の実線の○印) の隣にそれぞれ2個ずつの同値の画素Pが補間されている。

【0019】2番目の直線補間法は、双一次補間法とも呼ばれ、比較的滑らかな拡大画像を生成することができる。この手法は、拡大に伴って補間される画素を、隣接する原画像の画素間の直線近似によって生成する。

【0020】図3は、直線補間法による画像の3倍拡大の具体例を示したものである。この図3の(A)は、原画像の一部である例えば縦横 3×3 画素の部分を示し、3倍拡大時には、図3の(B)に示すように、これらの画素間に補間画素Pを配置することで、縦横 9×9 画素の拡大画像の部分形成する。補間画素Pは、図3の(C)に示すように、原画像の隣接画素間を直線近似して求められるから、原画像の右端や下端の画素に続く補間画素を求めるためには、さらに外側の画素Qが必要とされる。従って、画素数を厳密に整数倍に拡大する場合には、端の補間画素を生成するために仮りの画素Qを追加して直線近似を行う。なお、追加される画素は、画像の滑らかさを考慮して、通常、画像の端の画素を中心と

5

して対称関係になるように選択され(図3の(C)参照)、直線補間後に除去される。直線補間法では、滑らかな拡大画像を得ることができるが、その一方でエッジ部ではシャープさに欠けてしまう傾向がある。

【0021】次に、3番目のダウンサンプル法は、最も単純な手法として知られている。一次元の画素列で考えた場合、ダウンサンプル法によるN分の1の縮小は、N画素毎に画素を選び出して画像を再構成する処理に相当する。また、この手法は処理が単純である反面、高周波成分を多く含む画像に対して実行すると、折り返し歪み(エイリアシング)が発生することがある。

【0022】図4は、ダウンサンプル法による画像の1/3縮小の具体例を示したものである。図4の(A)に示す原画像の縦横9×9画素の部分に対して、3画素毎に画素を選び出して、残りの画素Rを間引くことにより、図4の(B)に示すような縦横3×3画素の縮小画像の部分形成している。

【0023】次に、4番目の平均操作法について説明すると、一次元の画素列で考えた場合、平均操作法によるN分の1の縮小は、N画素毎に平均値を計算し、その値を縮小画像の画素値として画像を再構成する処理である。また、平均処理はローパスフィルタに相当するため、折り返し歪み(エイリアシング)の発生を抑制することができる。

【0024】図5は、平均操作法による画像の1/3縮小の具体例を示したものである。図5の(A)に示す原画像の縦横9×9画素の部分に対して、それぞれ3×3画素の領域毎にその領域内の9画素値の平均値をとり、縮小画像の各画素値とすることにより、図5の(B)に示すような縦横3×3画素の縮小画像の部分形成する。

【0025】次に、U/D倍の画像の解像度変換法について説明する前に、U倍の拡大処理法、及び1/D倍の縮小処理法について以下述べる。まず最初に、画像のU倍の拡大法について述べる。

【0026】図6の(A)は、このU倍の画像拡大のための基本構成を図示したもので、U倍のアップサンプラ6と、伝達関数が $H_U(z)$ のデジタルフィルタ7とから構成される。デジタルフィルタ7の伝達関数 $H_U(z)$ は、z軸($z = \exp(j\omega T)$)上の表現であるが、これの時間軸上の表現であるフィルタのインパルス応答を $h_U(n)$ とする。nは時間軸上のサンプル数(サンプル番号、サンプル位置)である。同様に、入力画像104を $x(n)$ 、アップサンプラ6の出力107を $c(n)$ 、デジタルフィルタ7の出力108を $y(n)$ とする。次に動作について説明する。

【0027】入力画像104はU倍のアップサンプラ6に送られ、画像がU倍にアップサンプリングされる。この時のアップサンプリングの動作を具体的に示したのが、図7である。この図7に示すように、U倍のアップ

6

サンプリングとは、(U-1)個の0値を挿入する操作を意味する。

【0028】すなわち、図7の(A)の縦横3×3画素の原画像の部分は、図7の(B)に示す3倍アップサンプラ6aで3倍にアップサンプリングされて、図7の(C)に示すように、1次元方向で画素間に2個の0値が挿入され、2次元では原画素1個当たり8個の0値が挿入される。従って、原画像の縦横3×3画素の部分は、拡大画像で縦横9×9画素の部分に変換される。

【0029】これによって生成されたアップサンプル画像107は、伝達関数 $H_U(z)$ のデジタルフィルタ7に入力されてフィルタリングされた結果、U倍の拡大画像108が出力される。

【0030】次に、伝達関数 $H_U(z)$ のデジタルフィルタ7の満たすべき特性について述べる。理想的なU倍の拡大を行うためには、アップサンプリングによる信号の周波数帯域の変化を考慮してローパスフィルタを設計しなければならない。図8の(A)、(B)は、それぞれ原信号の周波数帯域 $X(z)$ 、U倍のアップサンプリング後の周波数帯域 $X_U(z)$ を示している。なお、 ω は正規化角周波数である。また、図8の(B)における破線部は、イメージ成分(アップサンプリングにより新たに生じるスペクトル成分)を示しており、拡大画像を得るには、この成分を取り除く必要がある。従って、図9の

(A)に示した理想ローパスフィルタ $H_U(z)$ を用いることで、図9の(B)の周波数帯域 $Y_U(z)$ を持った拡大画像を得ることができる。以上より、伝達関数 $H_U(z)$ のデジタルフィルタ7は、図9の(A)に示した理想ローパスフィルタ $H_U(z)$ の特性を持ったものを選択する。

【0031】次に、1/D倍の縮小処理法について述べる。図6の(B)は、この1/D倍の画像縮小のための基本構成を図示したもので、伝達関数が $H_D(z)$ のデジタルフィルタ4と、1/D倍のダウンサンプラ5とから構成される。時間軸上の表現として、デジタルフィルタ4のインパルス応答を $h_D(n)$ とし、入力画像104を $x(n)$ 、デジタルフィルタ4の出力105を $p(n)$ 、ダウンサンプラ5の出力106を $y(n)$ とする。次に動作について説明する。

【0032】入力画像104は、まずデジタルフィルタ4に入力されてフィルタ出力105が出力される。このフィルタ出力105は、ダウンサンプラ5で1/D倍にダウンサンプリングされる。1/D倍のダウンサンプリングとは、(D-1)個の画素を抜き取る操作を意味する。これによって生成された1/D倍の縮小画像106が出力される。

【0033】図10は、このようなダウンサンプリングの動作をD=4の場合を例にとって具体的に示したものである。この図10において、(A)に示す原画像の縦横12×12画素の部分に対して、図10の(B)に示す1/4ダウンサンプラ5aにより、1次元方向では4

画素につき3画素を抜き取り、2次元では4×4画素から1個の画素を残して残りの画素Rを除去し、図10の(C)に示すような縮小画像、すなわち1/4にダウンサンプリングされた画像の縦横3×3画素の部分として生成される。

【0034】次に、伝達関数 $H_0(z)$ のデジタルフィルタ4の満たすべき特性について述べる。理想的な1/D倍の縮小を行うためには、ダウンサンプリングによる周波数領域上での帯域の重なり合い(折り返し歪み)を回避するため、原信号に対してローパスフィルタ $H_0(z)$ による帯域制限を行わなければならない。図11の(A)、(B)は、それぞれ原信号の周波数帯域 $X(z)$ 、ローパスフィルタ $H_0(z)$ の周波数特性である。 $H_0(z)$ により帯域制限をうけた後の周波数帯域 $X_L(z)$ は、図12の

$$y(n) = \sum c(k) h_u(n-k) \quad \dots (3)$$

$$y(n) = \sum c(Uk) h_u(n-Uk) = \sum x(k) h_u(n-Uk) \quad \dots (4)$$

となる。これらの式中の $h_u(n)$ 、 $h_v(n)$ は、各フィルタ4、7のインパルス応答を示す。

【0037】次に、以上述べたような基本技術を用いて、本発明の実施の形態のU/D倍の解像度変換を実現する点について説明する。

【0038】このU/D倍の解像度変換を行うには、図13に示すように、図6の(A)のU倍の画像拡大のための構成と、図6の(B)の1/D倍の画像縮小のための構成とを接続すれば良い。これが図13の(A)の構成になることは容易に理解できる。さらにこの構成の冗長性を無くしたものが、同図の下部である。ここで、明らかに、 $H_w(n) = H_u(n) H_0(n)$ が成立する。

【0039】図13の(B)の $d(n)$ 、 $y(n)$ を数式で表現すると下記の(5)式になり、これに上記(2)式を代入して整理すると、結局(6)式に帰着する。すなわち、

$$d(n) = \sum x(k) h_w(n-Uk) \quad \dots (5)$$

$$y(n) = \sum x(k) h_w(Dn-Uk) \quad \dots (6)$$

である。これが、冗長性を排除した表現となる。

【0040】ここで、解像度の変換処理における冗長性の排除について説明する。変換処理を効率的に実行するためには、この冗長性の排除が重要とされる。

【0041】図13の(A)の構成において、1/D倍の画像縮小のための構成部分は、図6の(B)に対応するものであり、デジタルフィルタ4での処理は上記式(1)に示すような $x(n)$ と $p(n)$ とのたたみ込みで表される。この場合、例えばD=2の例では、図14の(A)に示すように、データを2個ずつ切り出してたたみ込み処理する操作を1画素ずつシフトさせて行うことによりフィルタ出力 $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 $p(2)$ 、 $p(3)$ 、...を求め、その後にダウンサンプリングにてデータの2個につき1個を間引くことにより、1個置ききのデータ $p(0)$ 、 $p(2)$ 、...を出力 $y(0)$ 、 $y(1)$ 、...として取り出すことが考えられる。これに対して、上記式(2)を直接計算し

(A)のようになる。更に、この信号に対して、1/D倍のダウンサンプリングを行った後の周波数帯域 $Y_D(z)$ は、図12の(B)のように示されることから、折り返し歪みのない縮小画像を得ることができる。

【0035】以上が、U倍の拡大、及び1/D倍の縮小の場合の手段及びフィルタの満たすべき条件である。

【0036】ここで、図6で示した各信号 $x(n)$ 、 $c(n)$ 、 $y(n)$ 、 $p(n)$ の間の互いの関係を数式で表現する。図6の(B)に示す1/D倍の縮小の場合の各信号

$x(n)$ 、 $p(n)$ 、 $y(n)$ の関係式は、

$$p(n) = \sum x(k) h_0(n-k) \quad \dots (1)$$

$$y(n) = p(Dn) = \sum x(k) h_0(Dn-k) \quad \dots (2)$$

となる。また、図6の(A)に示すU倍の拡大の場合の $x(n)$ 、 $c(n)$ 、 $y(n)$ の関係式は、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

て出力 $y(n)$ を求めることが考えられる。これは、図14の(B)に示すように、入力データ $x(n)$ のたたみ込み処理を2画素ずつシフトさせて行うことにより冗長性を排除したものである。すなわち、D=2の場合、図14の(B)の処理量は、図14の(A)の処理量のほぼ半分で済み、処理の簡略化あるいは処理時間の短縮化が図れる。

【0042】また、図13の(A)の構成において、U倍の画像拡大のための構成部分は、図6の(A)に対応するものであり、上記 $c(n)$ と $y(n)$ との関係は上記

(3)式に示すようなたたみ込みで表される。ただし、 $c(n)$ の非零値はU個ごとであり、直接計算することは無駄である。従って、 $x(n) = c(Un)$ に注意すると、 $x(n)$ と $Y(n)$ との関係は、上記式(4)のように与えられ、これを直接計算することで冗長性が排除される。図15は、例えばU=2の場合を示したものであり、図15の(A)に示す入力データ $x(n)$ に対して、2倍のアップサンプリングにより各データ間に1(=2-1)個の零値をそれぞれ挿入して図15の(B)のデータ $c(n)$ とし、これをフィルタで直線補間する際に図15の(C)に示すように2画素ずつシフトすることで、冗長性を排除している。

【0043】また、図13の(B)に示すように、上記伝達関数 $H_u(n)$ 、 $H_0(n)$ の各フィルタをまとめて伝達関数 $H_w(n) (= H_u(n) H_0(n))$ の1つのフィルタ8とし、このフィルタ演算を上記式(5)により直接行い、さらに、ダウンサンプリングも考慮して、上記式(6)の計算を直接実行することにより、大幅に冗長性の排除が実現できる。

【0044】この図13の(B)に示す構成は、本発明の第1の実施の形態の基本構成として示した図1と同じになっていることが明らかである。なお、UとDとの値の関係で、画像を拡大するか、あるいは縮小することになるので、以下の実施の形態の説明では、各々の場合に

についての具体的な事例について説明する。

【0045】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。この第2の実施の形態は、画像の任意有理数倍の解像度変換器及び方法に関するものである。この第2の実施の形態では、 $U > D$ 、即ち任意有理数倍の拡大の場合の構成及び動作について説明する。

【0046】拡大の具体例として、 $U = 3$ 、 $D = 2$ である3/2倍の場合を考えると、上記 $H_u(z)$ と $H_D(z)$ のフィルタ特性は、それぞれ図16の(A)、(B)のように示される。このとき、この2つのフィルタ処理は、

$$\begin{aligned} \text{零次ホールド法: } H_u(z) &= (1 + z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-(U-1)}) \\ &= H_{\text{zero}}(z) \dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{直線補間法: } H_u(z) &= H_{\text{zero}}(z) H_{\text{zero}}(z^{-1})/U \\ &= (1 + z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-(U-1)}) \\ &\quad \times (1 + z^1 + z^2 + \dots + z^{(U-1)})/U \dots (8) \end{aligned}$$

すなわち、直線補間法の伝達関数は、零次ホールド法の伝達関数を、時間遅延させたこれらを乗算して表される($H_{\text{zero}}(z)$ と $H_{\text{zero}}(z^{-1})$)。また、 U/D 倍の内の1/Dは単純なダウンサンプリングで良い。

【0049】以上が、 $U > D$ の拡大の場合の処理である。

【0050】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。この第3の実施の形態としては、任意有理数倍の解像度変換であって、 $U < D$ 、すなわち任意有理数倍の縮小の場合の構成及び動作について説明する。

【0051】縮小の具体例として、例えば $U/D = 2/3$ 倍の縮小処理を考える。上述したことから、 $H_u(z)$ と $H_D(z)$ のフィルタ特性は、それぞれ図17の(A)と

$$\begin{aligned} H_D(z) &= (1 + z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-(D-1)})/D \dots (9) \\ H_u(z) &= H_u(z) H_D(z) \end{aligned}$$

である。

【0053】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。この第4の実施の形態においては、上述した解像度変換装置の前段部に高域利得強調フィルタ手段を備え、画像拡大時には同部が作動するようにしている。すなわち、この第4の実施の形態は、 $U > D$ の任意有理数倍の拡大の場合に生じる画像のボケ、シャープネスの欠損を抑制するものである。

【0054】図18は、この第4の実施の形態の構成の一例を示しており、上記図1と共に説明したU倍のアップサンプラ1、デジタルフィルタ2及び1/D倍のダウンサンプラ3から成る画像の解像度変換装置の前段部に、高域利得強調フィルタ9を接続して構成されている。次に動作について説明する。

【0055】高域利得強調フィルタ9としては、例えば図19に示すような縦横(3×3)の2次元フィルタを用いることができる。この図19に示す高域強調フィルタの例えば各フィルタ係数 $f_1 \sim f_9$ としては、例えば、 $f_8 = 8$ 、

等価となり、このフィルタは図16の(A)と同じになっている。以上のことから、 U/D 倍($U > D$)の拡大処理において使用するフィルタ $H_u(z)$ は、U倍の拡大時のフィルタ $H_u(z)$ をそのまま使用することができる。

【0047】ところで、既に述べたように、U倍の拡大ではアップサンプリングによる零次ホールド法(図2参照)を用いることが出来るが、画質を滑らかに保つために図3の直線補間法が使える。この時の関係は、下記で表現できる。

【0048】

(B)のように示される。このとき、この2つのフィルタによる処理は、図17の(C)の一つのフィルタ $H_u(z)$ による処理と等価になる。また、 $H_u(z) = 2H_D(z)$ の関係になることから、一般に U/D の縮小($U < D$)のときに使用するフィルタ $H_u(z)$ は、1/Dの縮小処理のフィルタ $H_D(z)$ に利得調整(U倍)をした $U \cdot H_D(z)$ を使用することができる。

【0052】従って、 U/D 倍の縮小の場合には、U倍の拡大として、上記(7)式の零次ホールド法の伝達関数 $H_u(z)$ を用い、1/D倍の縮小として下記の(9)式の平均操作手段(図5参照)を用いて、その積で表される伝達関数で実現することができる。すなわち、

$$+ z^{-(U-1)})/D \dots (9)$$

$$f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_6 = f_7 = f_8 = f_9 = -1$$

のように定めればよい。この高域利得強調フィルタは9、入力画像の高域成分を強調する作用がある。なお、一般的に高域利得強調フィルタ9としては、 $N \times N$ のフィルタ係数を有し、中央部の係数値が正数で、それ以外の係数が-1の値を取るものを使用できるが、これに限定されない。

【0056】これらの係数を画素に対して乗算して得られたフィルタ処理済みの画像111を、上記第1の実施形態と同様な構成のU倍のアップサンプラ1に入力する。このU倍のアップサンプラ1以降の処理は、既に述べたものと同様でよく、アップサンプラ1の出力112、デジタルフィルタ2の出力113、及び1/Dのダウンサンプラ3の出力114は、上記図1の各出力101、102、及び103に対応するため、説明を省略する。

【0057】この第4の実施の形態のように、高域利得強調フィルタ9を前段部に設けることにより、拡大時に

11

生じる画像のボケやシャープネスの欠如を抑制して、高画質の拡大画像を得ることができる、という利点を有する。

【0058】なお、この他の実施の形態として、上記高域利得強調フィルタ9で、 $N \times N$ のフィルタ係数値にあるパラメータ値を乗算したものを新たなフィルタ係数値とし、当該パラメータ値を可変にすることで、高域強調の画質調整手段を備えるようにしてもよい。すなわち、例えば上記図19の各フィルタ係数 $f_1 \sim f_9$ にあるパラメータ値 p を乗算し、それを新たなフィルタ係数値にする

ことで、エッジ強調度などの画質調整をすることができる。

【0059】本発明は、電子スチルカメラやプリンタ等で多用するサムネイル画像やデジタル画像のズームの機能を実現する場合に適用でき、具体的な応用例としては、電子カメラ、携帯・移動体画像送受信端末(PDA)、プリンタ、衛星画像、医療用画像又はそのソフトウェアモジュール等が挙げられる。

【0060】

【発明の効果】本発明によれば、入力画像を U 倍(U は整数)にアップサンプルし、アップサンプルされた画像をフィルタリングし、フィルタリング後の画像を $1/D$ 倍(D は整数)にダウンサンプルすることにより、入力画像に対して任意有理数倍、すなわち U/D 倍の拡大・縮小を伴う解像度変換を行うことができる。

【0061】これは、これまで主として単純な整数倍の拡大、または整数分の1倍の縮小しか容易には出来なかった解像度変換を、任意有理数倍で容易に実現可能とするものであり、 U 、 D の値に拘わらず、常に歪みが無い高画質な解像度変換画像を得ることができる。

【0062】また、フィルタリングには、歪みが生じない様に解像度変換倍率に応じて伝達関数を変えるデジタルフィルタ手段を用い、このデジタルフィルタ手段の伝達関数としては、アップサンプルの倍率 U とダウンサンプルの倍率 D とによって決定し、より具体的には、アップサンプル時のイメージング防止用のフィルタの伝達関数 $H_u(z)$ とダウンサンプル時のエリアシング防止用のフィルタの伝達関数 $H_D(z)$ とを合成して得られる合成伝達関数 $H_{UD}(z)$ ($=H_u(z)H_D(z)$)とすることにより、冗長性が排除され、処理時間も少なくて済む効果がある。

【0063】さらに、上記アップサンプルの倍率 U の値が上記ダウンサンプルの倍率 D の値よりも大きい場合は、上記フィルタリングは、零次ホールド法とダウンサンプル法とを用いて処理を行い、上記ダウンサンプルの倍率 D の値が上記アップサンプルの倍率 U の値よりも大きい場合は、上記フィルタリングは、零次ホールド法と

12

平均操作法とを用いて処理を行うことにより、簡単な構成かつ短い処理時間で、任意有理数倍の解像度変換を、高画質を保って実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態としての画像の任意有理数倍の解像度変換を行うための解像度変換装置の基本構成を示すブロック図である。

【図2】零次ホールド法の概念を説明するための図である。

【図3】直線補間法の概念を説明するための図である。

【図4】ダウンサンプル法の概念を説明するための図である。

【図5】平均値補間法の概念を説明するための図である。

【図6】 U 倍の画像拡大と $1/D$ の画像縮小のためのそれぞれの基本構成を示すブロック図である。

【図7】3倍のアップサンプリングの概念を説明するための図である。

【図8】アップサンプリング後の周波数帯域を説明するための図である。

【図9】 U 倍の拡大画像の周波数帯域を説明するための図である。

【図10】 $1/4$ 倍のダウンサンプリングの概念を説明するための図である。

【図11】 $1/D$ 倍の画像縮小に用いる理想ローパスフィルタの周波数帯域を説明するための図である。

【図12】 $1/D$ 倍の縮小画像の周波数帯域を説明するための図である。

【図13】 U 倍の画像拡大と $1/D$ の画像縮小のための各構成を組み合わせて U/D 倍の解像度変換を行うための構成を示すブロック図である。

【図14】 $1/2$ の画像縮小の場合の冗長性の排除を説明するための図である。

【図15】2倍の画像拡大の場合の冗長性の排除を説明するための図である。

【図16】 $3/2$ 倍の画像拡大時のフィルタ特性を説明するための図である。

【図17】 $2/3$ 倍の画像縮小時のフィルタ特性を説明するための図である。

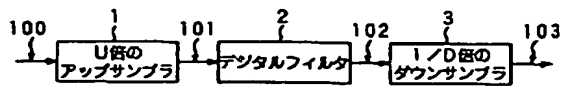
【図18】高域利得強調フィルタを設けた画像の解像度変換装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図19】高域利得強調フィルタのフィルタ係数を説明するための図である。

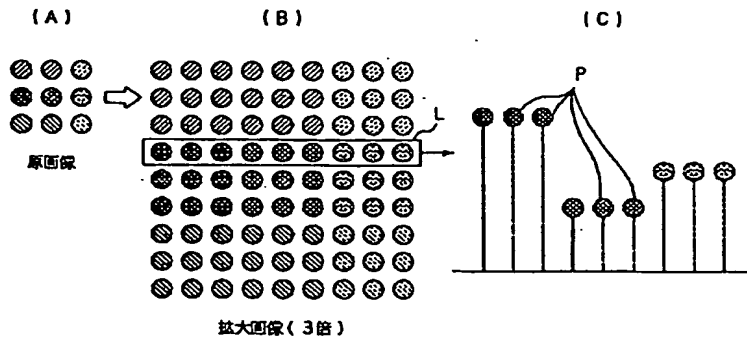
【符号の説明】

1, 6 U 倍のアップサンブラ、 2, 4, 7, 8 デジタルフィルタ、 3, 5 $1/D$ のダウンサンブラ

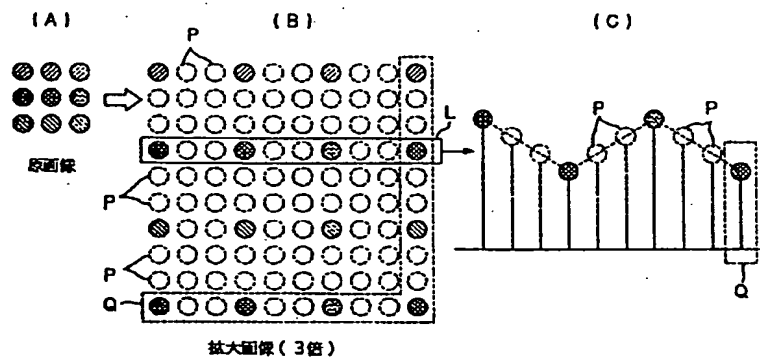
【図1】



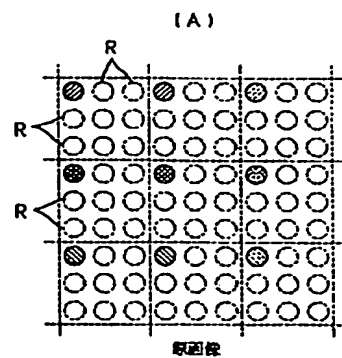
【図2】



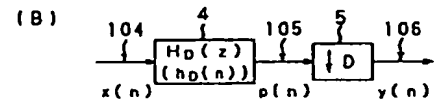
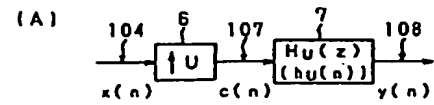
【図3】



【図4】



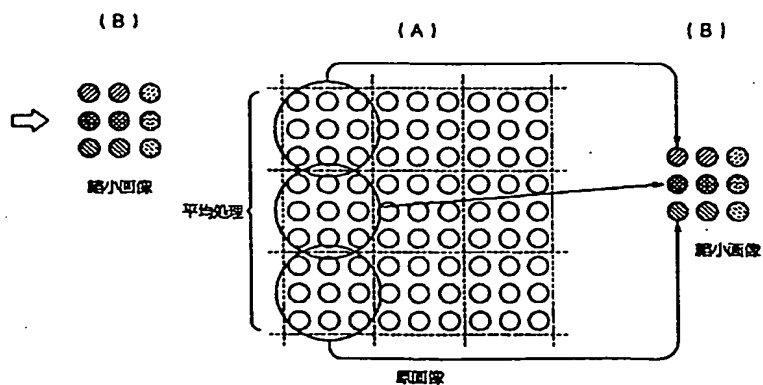
【図6】



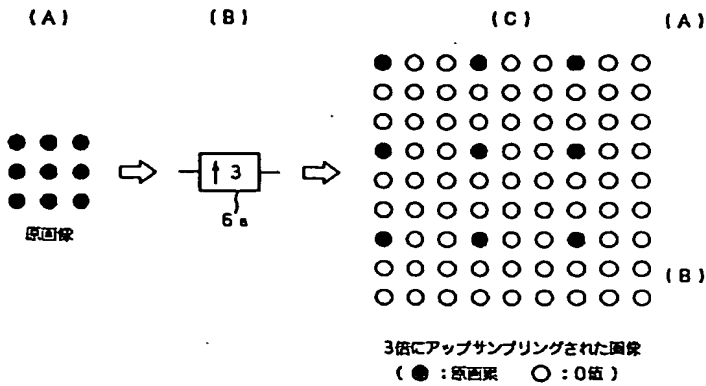
【図19】

f_1	f_2	f_3
f_4	f_5	f_6
f_7	f_8	f_9

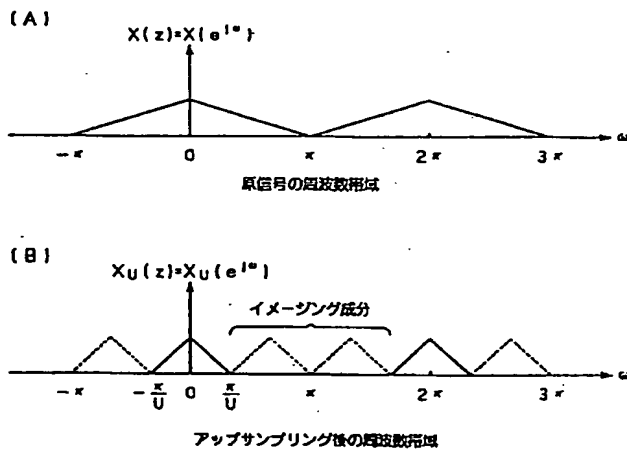
【図5】



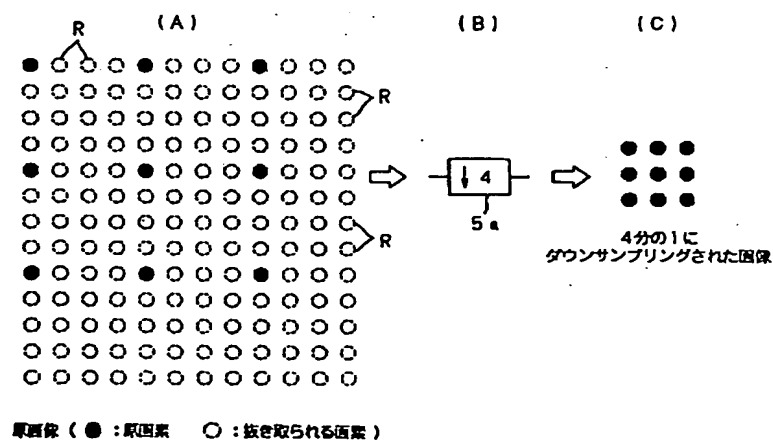
【図7】



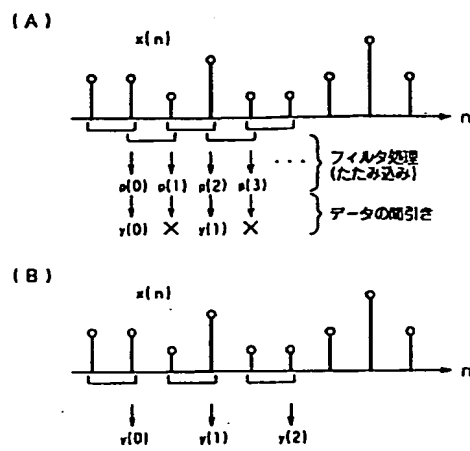
【図8】



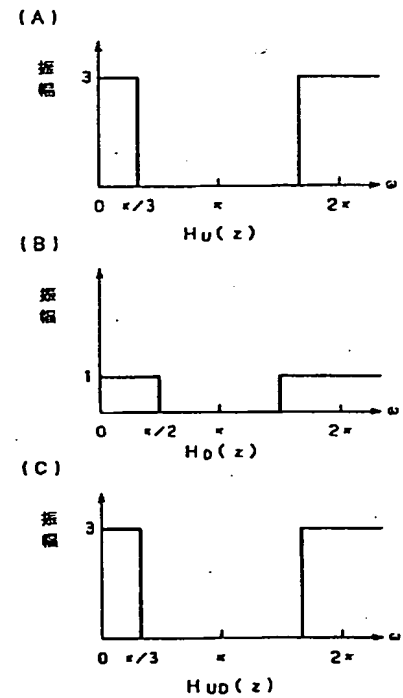
【図10】



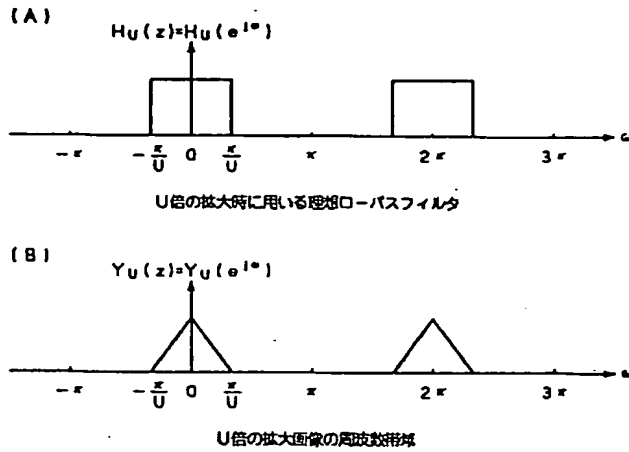
【図14】



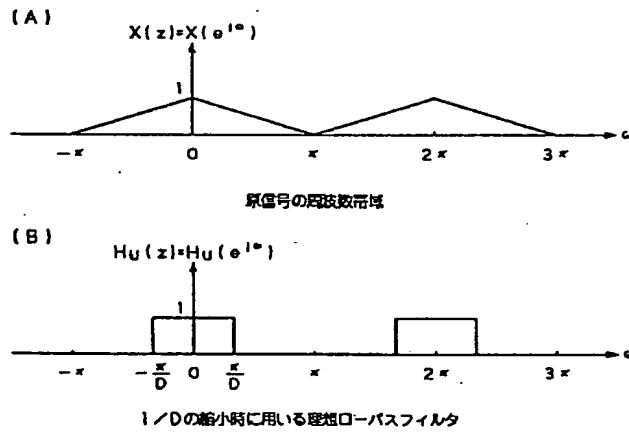
【図16】



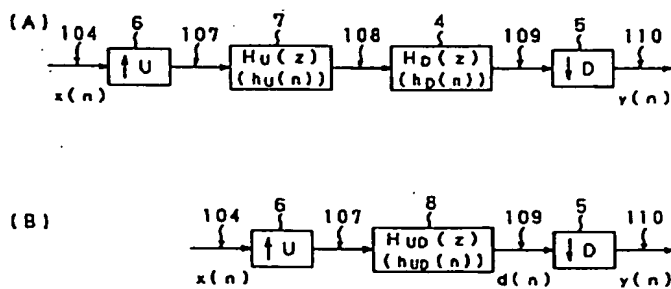
【図9】



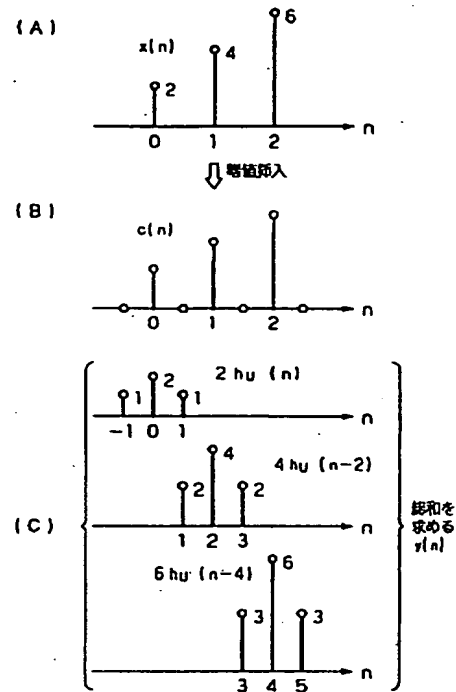
【図11】



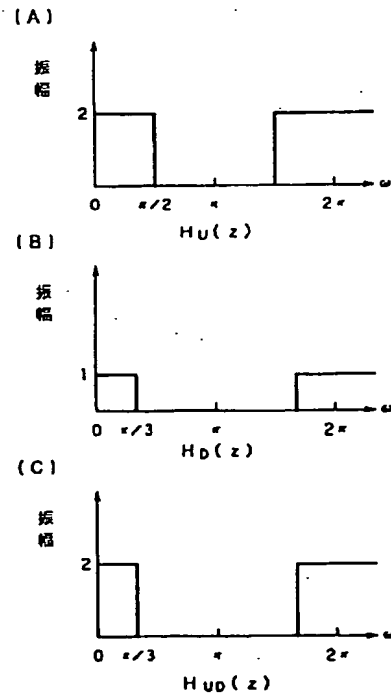
【図13】



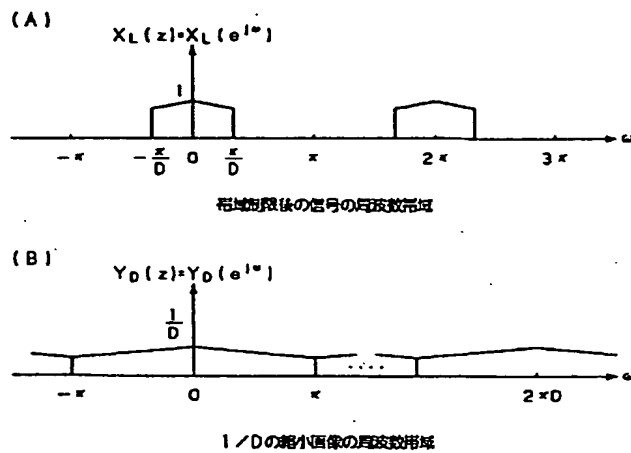
【図15】



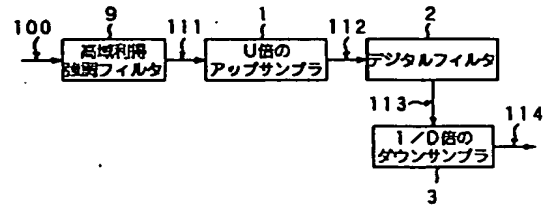
【図17】



【図12】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 青司
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 貴家 仁志
東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大
学 工学部電子情報工学科内
Fターム(参考) 5B057 CB08 CD07 CD09 CH18 DC22
5C076 AA21 AA22 AA32 BA03 BA04
BA06 BB06 BB24